



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL EN AGUA DE
CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO LA PALMA,
DISTRITO SAN BERNARDINO, 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autores:

Merli Edith Díaz Díaz

Ana Veronica Rios Vasquez

Asesor:

M. Cs. Cristian Emerson Arana Mori

Cajamarca - Perú

2020

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.1.1. Antecedentes	10
1.1.2. Bases Teóricas.....	15
1.1.2.1. Generalidades del agua.....	15
1.1.2.2. Usos del agua.....	16
□ Consumo doméstico:	16
□ Consumo público:.....	16
□ Agricultura y ganadería:	16
□ Industria:	16
□ Fuente de energía:	17
□ Deporte:	17
1.1.2.3. Calidad del agua.....	17
1.1.2.4. Categorías de los estándares de calidad ambiental (ECA)	18
1.1.2.5. Potabilización de agua.....	21
Desinfección del agua	21
Desinfección con cloro.....	24
Propiedades de los productos de cloro	26
Mecanismos de la desinfección con cloro	27
Cloro residual.....	30
1.1.2.6. Definición de términos	34
1.1.2.7. Marco legal e institucional.....	36
1.2. Formulación del problema.....	38
1.3. Objetivos.....	39
1.3.1. Objetivo general	39
1.3.2. Objetivos específicos	39
1.4. Hipótesis	39
1.4.1. Hipótesis general	39
1.4.2. Hipótesis específicas.....	40

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	41
2.2. Tipo de investigación	44
2.3. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	44
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	44
2.5. Procedimiento	45
2.6. Análisis de datos	48
2.7. Procedimiento	48
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	53
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	54
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS	71
ACTA DE CONFORMIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, TESIS O TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Métodos de potabilización de agua	22
Tabla 2	Principales propiedades de las variables comerciales del cloro.....	27
Tabla 3	Clasificación de equipos para desinfección más usados	29
Tabla 4	Resistencia de materiales al cloro	30
Tabla 5	Métodos de determinación de cloro	31
Tabla 6	Técnica e instrumento de recolección de datos.....	45
Tabla 7	Instrumento de recolección de datos	46
Tabla 8	Ubicación del lugar de estudio	49
Tabla 9	Toma de muestras.....	51
Tabla 10	Distancia entre los puntos de muestreo	52
Tabla 11	Resultados de las muestras recolectadas en septiembre, octubre y noviembre del 2019.....	53
Tabla 12	Datos obtenidos del pH.....	54
Tabla 13	Datos obtenidos de conductividad.....	55
Tabla 14	Datos obtenidos de TDS	56
Tabla 15	Datos obtenidos de salinidad.....	57
Tabla 16	Datos obtenidos de turbiedad	58
Tabla 17	Datos obtenidos de cloro	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento del ácido hipocloroso respecto al pH. Góngora – 1983	29
Figura 2. Pasos a seguir para la medición de cloro residual. OMEGA PERÚ, 2019.	32
Figura 3. Valores de monitoreo de cloro residual óptimos en redes de distribución de	34
Figura 4. Delimitación de la provincia de San Pablo - San Bernardino. Zonificación San Pablo, 2010.	42
Figura 5. Mapa Político de San Bernardino – La Palma. Municipalidad distrital San Bernardino, 2016.	43
Figura 6. Sistema de cloración La Palma. Municipalidad distrital San Bernardino.	47
Figura 7. Georreferenciación de los puntos de muestreo del centro poblado La Palma – San Bernardino	49
Figura 8. Sistema de agua potable del centro poblado La Palma – San Bernardino	50
Figura 9. Caracterización de cloro residual en el agua. OMS, 2004.	52
Figura 10. Resultados de pH en agua de consumo humano del centro poblado la Palma septiembre - noviembre, 2019.	54
Figura 11. Resultados de conductividad en agua de consumo humano del centro poblado la Palma septiembre - noviembre, 2019.....	55
Figura 12: Resultados de TDS en agua de consumo humano del centro poblado la Palma septiembre - noviembre, 2019.	56
Figura 13: Resultados de salinidad en agua de consumo humano del centro poblado la Palma septiembre - noviembre, 2019.	57
Figura 14: Resultados de turbiedad en agua de consumo humano del centro poblado la Palma septiembre - noviembre, 2019.	58
Figura 15: Resultados de cloro en agua de consumo humano del centro poblado la Palma septiembre - noviembre, 2019.	59

RESUMEN

La contaminación del agua es un problema global, por lo que es necesario identificar a que categoría de agua pertenece para poder tratarla según D.S. N° 004-2017-MINAM. El centro poblado La Palma cuenta con un sistema de cloración por goteo, donde se utiliza hipoclorito de calcio al 70% en un tanque de agua Rotoplas 600L el cual abastece a 25 familias; debido a ello se tuvo por conveniente evaluar la concentración de cloro residual presente en el agua de consumo humano en la línea de distribución inicial, intermedia y final de dicho lugar, así mismo determinar si se cumple o no con el D.S. N° 031-2010-S.A. Para el desarrollo de la investigación se utilizaron equipos calibrados, mostrados en el punto 2.4. A su vez se recolectaron 24 muestras durante septiembre, octubre y noviembre del 2019. Respecto a los resultados obtenidos, expuestos en la tabla 12, se infiere que la solución madre utilizada para la cloración no es la adecuada, y los responsables del manejo del sistema de agua potable no conocen el procedimiento para preparar la solución madre como: el aforo constante del caudal, los gramos adecuados de hipoclorito de calcio al 70% y el tiempo de retención del desinfectante.

Palabras clave: Concentración, agua de consumo humano, cloro residual, LMP, cloración.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- Álvarez, R. (2014). Medición de muestras y uso de multiparámetro. Recuperado de: https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTIVO_DE_USO_DEL_MULTIPARAM%C3%88TRICO.pdf.
- Álvarez, X. *Influencia del crecimiento poblacional en el funcionamiento hidráulico de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Moyobamba*. San Martín - Perú, 2015.
- ANA (2009). *Ley de Recursos hídricos*. Recuperado de: <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/ley-no-29338-ley-de-recursos-hidricos>.
- ANA (2016). Protocolo de monitoreo de calidad de agua. Recuperado de: <http://www.ana.gob.pe/media/361356/3%20protocolo%20nacional%20de%20monitoreo%20af.pdf>.
- Araujo, R. & Benito, H. (2017). *Nivel de contaminación microbiológica en agua de consumo humano en el sector Sequia Alta, Santa Bárbara, Huancavelica – 2017*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. [En línea]. Recuperado de: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1383>.
- Cáceres, O. (1990). *Desinfección del agua*. [En línea]. Recuperado de: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/321041/Desinfecci%C3%B3n_del_agua20190613-19707-1yucod8.pdf.
- Caicedo, M. (2014). *Propiedades físicoquímicas y microbiológicas del agua*. [En línea]. Recuperado de: <https://en.calameo.com/read/003173550a0059aaa5437>.
- Campoverde, J. (2015). Análisis del efecto toxicológico que provoca el consumo humano de agua no potable, mediante la determinación de cloro libre residual en aguas tratadas de las parroquias rurales del cantón Cuenca. (Tesis de Maestría). Universidad Estatal de Cuenca, Ecuador. [En línea]. Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21794/1/TESIS.pdf>.

- Carbajal, A & Gonzáles, M (s.f). *Propiedades y funciones biológicas del agua*. [En línea]. Recuperado de: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>.
- Carrasco, S. (2006). *Metodología de la investigación científica*. Editorial San Marcos, Lima; 2006.
- Castro, S. (2017). *Evaluación ambiental de la calidad de agua del sector a en el centro poblado Puylucana, distrito Baños del Inca – Cajamarca*. (Tesis de Bachiller). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. [En línea]. Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12575/Castro%20C%a1ce res%20Stefany.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Cava, T. & Ramos, F. (2016). *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento*. (Tesis de titulación). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. [En línea]. Recuperado de: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/850/BC-TES-5266.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Constitución Política del Perú. Recuperado de: <http://www4.congreso.gob.pe/ntley/Imagenes/Constitu/Cons1993.pdf>.
- Cooperación Alemana. Implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. Miraflores, Perú.
- CRQ (2016). *Glosario de términos ambientales*. [En línea]. Recuperado de: <https://www.crq.gov.co/Documentos/GLOSARIO%20AMBIENTAL/GLOSARIO%20AMBIENTAL.pdf>.
- DIGESA (2010). *Reglamento de la calidad de agua para consumo humano*. [En línea]. Recuperado de: http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf.

DOSING PUMPS (2012). *Cloración de agua potable*. [En línea]. Recuperado de: https://www.itc.es/wp-content/uploads/article-Cloracion_agua_potable-ES.pdf.

ECOFLUIDOS INGENIEROS (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. Recuperado de: <http://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>.

Etienne, Y. (2014). *Sistema de cloración por goteo*. Recuperado de: http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_Sica/Modulos/FTA/SECCION%20I%20V/4.14/457574979_Manual%20de%20instalaci%C3%B3n,%20operaci%C3%B3n%20y%20seguimiento.pdf.

Fernández, M.; Moreno, O.; Pérez, J. (2006). *Determinación de cloro residual. Método del DPD*. Recuperado de: <http://www.salud-publica.es/index.php?seccion=5&subseccion=5>.

Fibras y Normas de Colombia (2008). *Calidad del agua*. [En línea]. Recuperado de: <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/calidad-del-agua-definicion-factores-y-criterios/>.

Frías, D. (2009). *Técnica estadística y diseño de investigación*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/259923243_Tecnica_estadistica_y_diseno_de_investigacion_Valencia_Espana_Palmero_Ediciones_Technical_statistics_and_research_design.

Fustamante, N. Programa PROAGUA. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. Fondo Perú-Alemania.

Galal, L. & Gorchev, H. (1996). *Guías de la OMS para la calidad del agua potable y evaluación de los riesgos para la salud vinculados con los desinfectantes y los SPD*. Trabajo presentado en la Publicación OPS/ILSI “La calidad del Agua potable en América Latina. Lima, Perú. [En línea]. Recuperado de: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3sp.pdf.

- García, F.F (2019). *Modelo de decaimiento de cloro libre en la red de distribución de agua potable en la ciudad de Azogues, Ecuador*. (Tesis doctoral). Escuela de Post Grado, Programa de Doctorado. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. [En línea]. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3845>.
- García. H y Matus. J (2014). *Estadística descriptiva e inferencial*. Recuperado de: https://www.conevyt.org.mx/bachillerato/material_bachilleres/cb6/5sempdf/edin1/edin1_fl.pdf.
- Gaya, J. (2018). *Usos del agua*. [En línea]. Recuperado de: <https://www.iagua.es/blogs/joan-gaya-fuertes/usos-agua>.
- Góngora, J. (1983). *Sistemas de desinfección por medios hidráulicos para agua potable rural. Experiencia Colombiana*. Trabajo presentado en la Publicación CEPIS “Investigación sobre Desinfección de agua en abastecimientos rurales”. Colombia.
- Gonzáles, P. (2018). *El agua*. [En línea]. Recuperado de: <https://www.iagua.es/blogs/pablo-gonzalez-cebrian/agua-ano-2020>.
- Hanna Instruments (2015). *La desinfección del agua mediante el uso de cloro*. Recuperado de: <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/la-desinfeccion-del-agua-mediante-el-uso-de-cloro>.
- Hanna Instruments (2017). *Tipos de cloro*. Recuperado de: <https://www.hannainst.es/blog/1572/Sabias-que-existen-diferentes-tipos-de-cloro>.
- Hines, W. (2008). *Probabilidad y estadística para ingeniería*. Recuperado de: <http://sbiblio.uandina.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-authoritiesdetail.pl?authid=27554>.
- INEI (2018). *Mapa de pobreza monetaria provincial y distrital 2018*. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1718/Libro.pdf.
- Landeo, A. (2018). *Relación de los métodos por goteo y la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales del distrito de Pucará*.

departamento de Huancavelica. (Tesis de Titulación). Recuperado de: http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3632/T033_72691555_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Lozada, N (2017). *Contaminación hídrica y pérdida de calidad del agua*. Recuperado de: https://geoinnova.org/blog-territorio/contaminacion-hidrica-y-perdida-de-calidad-delagua/?gclid=Cj0KCQjwtLT1BRD9ARIsAMH3BtXldaKigoIOgibtQ9tPJtkWWopDIa7agI8GR0fDm8eK-2Y5AecId84aAnAFEALw_wcB.

Maestu, J. (2015). *Agua y desarrollo sostenible*. Recuperado de: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/WM_IIIESP.pdf.

Marchand, E. O. (2002). *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. [En línea]. Recuperado de: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Basic/Marchand_P_E/tesis_completo.pdf.

MINAM (2005). *Ley General del Ambiente – Ley N° 28611*. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>.

MINAM (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para agua*. [En línea]. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>.

MINAM (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>.

MINSa (2010). *Reglamento de calidad de agua para consumo humano*. Recuperado de: http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf.

- Molía, R (s.f). EOI. *Redes de distribución. Abastecimiento y saneamiento urbano*. Escuela de negocios. Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua. Recuperado de: <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20098/redes-de-distribucion>.
- Municipalidad Distrital San Bernardino (2016). *Creación del sistema de saneamiento básico en localidades rurales del distrito de San Bernardino*. San Pablo – Cajamarca.
- Muñoz, R. (2019). *Eficiencia del sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo – Celendín*. (Tesis de Titulación). [En línea]. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3564/tesis%20pata%20t%c3%adulo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Murillo, Y. (2015). *Control estadístico de la calidad del agua respecto al cloro residual y turbidez en la planta de tratamiento Seda, Juliaca 2015*. (Tesis de titulación). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. [En línea]. Recuperado de: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2378/Murillo_Cuevas_Yesica_Beatriz.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Normas APA (2016). *Diseño de investigación*. Recuperado de: <http://normasapa.net/elegir-diseno-de-investigacion/#comments>.
- OMEGA PERU (2019). *Medir cloro residual en el campo – Parámetro esencial para la calidad del agua*. [En línea]. Recuperado de: <https://omegaperu.com.pe/como-medir-cloro-residual-en-el-campo-parametro-esencial-para-la-calidad-del-agua/>.
- OMS (2004). *Medición del cloro residual en el agua*. [En línea]. Recuperado de: <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf>.
- OMS (2006). *Guías para la calidad de agua potable*. [En línea]. Recuperado de: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- ONU (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura de la gestión de los sistemas en situación de riesgo*. [En línea]. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i1688s.pdf>.

ONU (2015). *El agua fuente de vida*. Recuperado de:
<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>.

Organización Mundial de la Salud (2006). *Guías para la calidad de agua potable*. [En línea]. Recuperado de:
https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf.

Pérez, R. & Ramos, G. (2018). *Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable del sector de Puyhúan Grande del distrito y provincia de Huancavelica – 2018*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. [En línea]. Recuperado de:
http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2181/TESIS_2018_ING.AMB._PEREZ%20CHANCA%20Y%20RAMOS%20CASTELLANOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Petro, A. & Wess, T. (2014). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del Municipio de Turbaco – Bolívar, Caribe Colombiano*. (Tesis de Titulación). Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias, Colombia. [En línea]. Recuperado de: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0067155.pdf>.

Programa PROAGUA. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural. Perú*. [En línea]. Recuperado de:
<https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/Anexo%20T%C3%A9cnico%20del%20Programa%20PROAGUA%20Apartado%20APAUUR%202017.pdf>.

Quijandría, S. (2011). *Control de Calidad de Agua – Determinación de Cloro Residual con DPD*. R CHEMICAL S.A. (Lima – Perú). Recuperado de: <http://www.r-chemical.com/control-de-calidad-de-agua-determinacion-de-cloro-residual-con-dpd/>

RAE (2018). *Manantial*. Recuperado de: <http://dle.rae.es/?id=O7aXamT>

Reiff, F. (1998). *Guía para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y el Caribe*. Documento OPS/OMS, Serie Técnica No. 30; 1995.

Resolución Ministerial (2016). *Resolución Ministerial 173-2016-VIVIENDA*. Recuperado de: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/22029/RM-173-2016-VIVIENDA.pdf>

Rodríguez, M. (2017). *Calidad del agua de los sistemas de abastecimiento de agua del área periurbano de la provincia de Leoncio Prado*. [En línea]. Recuperado de: https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/PPP-FINAL%20CD.pdf.

Rojas, R., Guevara, S. (1999). *Celdas electrolíticas para producción in situ de Hipoclorito de Sodio*. Publicación CEPIS/GTZ.

Saldaña, E. (2017). *Determinación de la calidad del agua para consumo humano en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, región Cajamarca – 2017*. (Tesis de Titulación). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. [En línea]. Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14209/Salda%c3%b1a%20V%c3%a1squez%20Edwin%20Jhon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Santacruz, S. & Terán, J. (2016). *Concentración microbiológica en el agua para consumo humano, de la comunidad campesina Yaminchad del distrito y provincia de San Pablo 2015*. (Tesis de titulación). Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú. [En línea]. Recuperado de: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10894/santacruz_rs.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Solsona, F. & Méndez, J. (2002). *Desinfección del agua. OPS/CEPIS. Aspectos de planificación estratégica para poblaciones de bajo riesgo sanitario y ambiental, educación sanitaria y evaluación de proyectos*. Recuperado de: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SOLSONA%20y%20MENDEZ%202002.%20Desinfecci%C3%B3n%20del%20agua.pdf.

Vargas, C. (1996). *Control de la calidad del agua en la red de distribución*. CEPIS. Reunión Regional sobre Calidad del Agua Potable. Lima, Perú.

- Vargas, L. y Barrenechea, A. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano*. OMS-OPSCEPIS. Lima, Perú. Recuperado de: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf.
- Vásquez, W. (2018). *Parámetros de control obligatorio para determinar la calidad del agua de consumo humano en la ciudad de Iquitos, 2018*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú. [En línea]. Recuperado de: http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6153/Randy_Tesis_Titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- White, C. (1972). *Handbook of chlorination*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Zayas, J. (2018). *El tratamiento de agua por cloración*. Recuperado de: <https://wikiwater.fr/e18-el-tratamiento-del-agua-por>.